

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 57-006777

(43)Date of publication of application : 13.01.1982

(51)Int.Cl.

B41J 3/04

(21)Application number : 55-081184

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 16.06.1980

(72)Inventor : SUGA MICHIIHISA  
TSUZUKI MITSUO

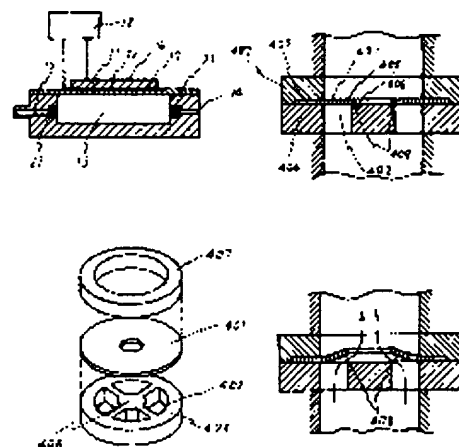
## (54) INK JET RECORDING DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To improve energy efficiency and to increase speed in the formation of drops by a method wherein on an ink passage in an ink jet head, there is provided a fluid controlling medium having a value which is deformed by the operation of ink pressure.

**CONSTITUTION:** When a voltage is applied from an electric power source 18 to a piezo element 11 and a wall 12 is curved to the side of a pressure chamber 13, the ink flow of the pressure chamber 13 to a nozzle 14 becomes smaller and smoother in fluid passage resistance by means of a fluid controlling means 21, while the flow of the pressure chamber 13 to a supply passage 15 becomes larger in the fluid passage resistance by means of a fluid controlling means 22.

When the wall 12 returns to the original state, the ink, on the contrary, is made difficult to flow backward from the nozzle 14 and made easy to flow in from the supply passage 15. The fluid controlling means, for example, is so constituted that a circular plate valve 401, a fixed member 407 are laminated on a valve seat 404 having outlets 402 and the ink can flow out of the side of the valve seat 404 through a clearance 408.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭57—6777

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>  
B 41 J 3/04

識別記号  
1 0 3

庁内整理番号  
7231—2C

⑬ 公開 昭和57年(1982)1月13日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 12 頁)

⑭ インクジェット記録装置

① 特 願 昭55—81184

② 出 願 昭55(1980)6月16日

⑦ 発 明 者 菅通久

東京都港区芝五丁目33番1号日  
本電気株式会社内

⑯ 発 明 者 都築光雄

東京都港区芝五丁目33番1号日  
本電気株式会社内

① 出 願 人 日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目33番1号

⑭ 代 理 人 弁理士 内原晋

明 細 書

発明の名称 インクジェット記録装置

特許請求の範囲

1. インク滴を噴射するためのノズルと、インクタンクに連通しインクを補給するための補給通路と、インク滴の噴射を行うために入力電気信号に従ってインクに圧力を作用させるための圧力作用手段とを有するインクジェットヘッドより記録媒体にインク滴を噴射して記録を行うインクジェット記録装置において、前記インクジェットヘッド内のインク通路に、インク圧力の作用により変形する弁を有する流体制御手段を設けたことを特徴とするインクジェット記録装置。
2. インク圧力の作用により変形する弁を有する流体制御手段を、圧力作用手段からノズルに至るインク通路に設けたことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のインクジェット記録装置。
3. インク圧力の作用により変形する弁を有する

流体制御手段を、補給通路から圧力作用手段に至るインク通路に設けたことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のインクジェット記録装置。

4. インク圧力の作用により変形する弁を有する流体制御手段をノズルから圧力作用手段に至るインク通路と、補給通路から圧力作用手段に至るインク通路とに設けたことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のインクジェット記録装置。

5. 流体制御手段が、インク通路を遮蔽するように配設されかつインク圧力の作用により変形して前記インク通路を開閉する弾性弁を有し、前記インク圧力の作用により前記流体制御手段を通過するインク流を一方方向にのみ通すように作動することを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のインクジェット記録装置。

6. 流体制御手段が、インク通路を遮蔽するように配設されかつインク圧力の作用により変形して前記インク通路を開閉する弾性弁と、前記弾性弁で遮断されたインク通路を連結する補助インク通路とを有し、前記インク圧力の作用により前記流

体制御手段を通過するインク流の向きによって、前記インク流に対する流路抵抗が変化するように作動することを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のインクジェット記録装置。

7. 流体制御手段が、インク圧力の作用により変形しかつインク通路の壁の少なくとも一部を構成する弁を有し、前記インク圧力の作用により前記インク通路を通して前記流体制御手段を通過するインク流の向きによって、前記インク流に対する流路抵抗が変化するように作動することを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のインクジェット記録装置。

#### 発明の詳細な説明

この発明は電気機械変換手段を用いてインクに圧力パルスを作用させノズルよりインク滴を噴射するインクジェット記録装置に関し、特に新規構造を有するインクジェットヘッドに関する。

板状や円筒状のピエゾ圧電素子を用いてインク室の壁を変形させ、発生した圧力パルスによって

印加することによって壁102を圧力室103の内部に湾曲させると、圧力室内容積が減少し圧力室内のインクが圧力室外部に押し出されるが、このときのインク圧力によってノズル104よりインクが噴射される。圧力室からのインク圧力はインク供給口105にも作用し、インク供給口よりインクタンクに戻るインクの流れも生じる。次に、ピエゾ素子101に印加した電圧を零に戻すか又は逆極性の電圧を印加して、圧力室の壁102の変形を零に戻すか又は圧力室の外部に湾曲させると、圧力室内容積が増加しインクが圧力室内部に引き戻される。このときインク供給口105においてはインクがインクタンクより圧力室に供給され、また、ノズル104においてはメニスカスがノズル端からノズル内部に引き込まれる。続いて、圧力室内の体積変動が停止すると、ノズル内部に引き込まれたメニスカスはインクの表面張力の作用で再びノズル端迄復帰する。圧力室内体積増加に続く前記メニスカスの移動に伴って、インク供給口105においてはインクタンクよりのインク

ノズルよりインク滴を噴射するインクジェット記録装置は特公昭51-39495や特公昭53-12138等によって知られており、最近プリンター等の実用装置に用いられるようになってきた。上記従来装置の基本的な構成は第1図に示すように、電気機械変換手段101により壁102を変形させて圧力パルスを発生させるインクで満たされた圧力室103にノズル104とインク供給口105が連通している。インク供給口105はインクタンクからのインクを圧力室に供給する。静止状態ではノズル104の端面にインクのメニスカスが形成されており、表面張力によってインク圧力と釣り合っている。電気機械変換手段101は主にピエゾ素子が用いられる。このピエゾ素子は壁102に固着されており、二つの電極106、107に電圧源108より駆動電圧を印加するとピエゾ素子101には壁102を湾曲させるような内部応力が発生する。

上記従来装置においてインク滴形成は次のように行なわれる。まず、ピエゾ素子101に電圧を

供給が継続され、メニスカスがノズル端迄復帰し静止した時点で、先にノズル104から噴射したインクに対する補給が完了する。

上記の滴形成動作を行う従来技術においては、以下に述べるようないくつかの問題があった。まず第1は、圧力室の壁の変形によって生じたインク圧力はノズル部だけでなくインク供給口にも作用するため、滴形成以外に費やされるエネルギー損失が大きかった。従って、インク滴を噴射するためにはピエゾ素子に大きな電気エネルギーを与えて圧力室の体積変動を大きくする必要があり、ピエゾ素子の特性劣化や滴形成の応答速度の低下等の問題があった。次に、インク滴形成のくり返し周期を短かくしてゆくと、噴射されたインク滴の体積や飛翔速度が変動するという問題があった。これは、インク滴形成後の圧力室内体積変化によってメニスカスがノズル内部に引き込まれている間に次の滴形成動作が始まるようになり、動作開始時のメニスカスの位置や移動速度がくり返し周期によって変化することが原因であった。このよ

うな特性の変動を抑えるためには、ノズル内に引き込まれたメニスカスの復帰速度を大きくすることが必要であるが、メニスカスの復帰はインクの表面張力に依存しており、その値はインク材料に固有なものであるため、表面張力を大きくしてメニスカスの復帰速度を大きくすることには限界があった。次に、インク滴形成のくり返し周期を更に短くしてゆくと、インク滴体積が小さくなり、遂には滴形成が停止するという問題があった。この問題もその原因はノズル内部に引き込まれたメニスカスの復帰速度における限界にあることが知られていた。従って、前記従来技術においては1秒間に形成されるインク滴数、すなわちインク滴周波数は実用的な範囲では高々3 kHz程度であり、また特性変動を無視した最高周波数は10 kHz程度であるため、前記従来技術は高速高密度記録には適さなかった。

滴形成時のエネルギー効率を高めるためにインク供給側のインク通路を流体回路素子で構成したインクジェットヘッドが、特公昭52-30213

るための補給通路と、インク滴の噴射を行うために入力電気信号に従ってインクに圧力を作用させるための圧力作用手段とを有するインクジェットヘッドより記録媒体にインク滴を噴射して記録を行うインクジェット記録装置において、前記インクジェットヘッド内のインク通路に、インク圧力の作用により変形する弁を有する流体制御手段を設けたことを特徴とするインクジェット記録装置が得られる。すなわち、前記流体制御手段は、インク滴形成時の微小インク流に対して十分効果的に作用しかつ高速に作動する機械式弁を有しており、この発明により、従来技術では達成できなかった滴形成におけるエネルギー効率の向上や高速化が可能となった。

この発明について以下に図面を参照しながら詳細な説明を行なう。

第2図を参照すると、この発明によるインクジェット記録装置の第1の実施例は、インクを噴射するためのノズル14と、図示していないインクタンクに連通しインクを補給するための補給通路

に開示されている。さらにまた、特開昭48-9622に開示されたインクジェットヘッドは、インク供給通路とノズルとを一種の流体回路素子で結合したものと考えられる。これ等の流体回路素子はいずれもインク流の向きによってインク流に対する流路抵抗が変化するという効果を有しており、滴形成時のエネルギー効率を高めようとするものである。しかし、これ等の流体回路素子は流体固有の物理的な性質を利用して一種の整流特性を得るものであるから、使用する流体の性質によって特性が変動するとか、インク流の向きに対する流路抵抗の変化比が大きくとれない等の問題があった。さらに上記の流体回路素子は構造が複雑でインクジェットヘッド内に設けるのに大きな困難を伴っていた。

この発明の目的は、前記の従来技術における諸問題を解決した新規インクジェット記録装置を提供することにある。

この発明によれば、インク滴を噴射するためのノズルと、インクタンクに連通しインクを補給す

15と、インクで滴された圧力室13と、前記圧力室を構成する壁12に固着されたピエゾ素子11と前記ノズルと圧力室13との間に設けられた第1の流体制御手段21と、前記圧力室と前記補給通路15との間に設けられた第2の流体制御手段22とから構成されたインクジェットヘッドを有する。前記流体制御手段をインクが通過するとき圧力損失を生じるが、インク流量に対する圧力損失の比(この比は一般に通路を流れる流体の流れにくさを示す量であり、本明細書では流路抵抗と称する)は通過するインク流の向きによって変化する。本実施例では、流体制御手段21と22は、いずれも補給通路側からノズル側に向うインク流に対しては、インク圧力の作用によって流路抵抗が小さくなり、遂にノズル側から補給通路側に向うインク流に対しては、インク圧力の作用によって流路抵抗が大きくなるように作動する。このようなインクジェットヘッドにおけるインク滴の形成は次のように行なわれる。まずピエゾ素子11に電源18より電極16、17を通して電圧を印

加して、壁12を圧力室13の内部に湾曲させると、圧力室内のインクには壁12による圧力が作用する。その結果、第1の流体制御手段21には圧力室からノズルに向う流れが、作用して流路抵抗は小さくなり、一方第2の流体制御手段22には圧力室から補給通路に向うインクの流れが作用して流路抵抗は大きくなる。このため前記二つの流路抵抗の差は大きくなり、圧力室から押し出されたインクは主にノズル側に向って流出し、ノズル14よりインク滴が噴射される。次にピエゾ素子11に印加した電圧を零に戻すか又は逆極性の電圧を印加して、圧力室の壁12の変形を零に戻すか又は圧力室の外部に湾曲させると、圧力室の内容積が増加し、圧力室内部の圧力が減少する。その結果、第1の流体制御手段21にはノズルから圧力室に向う流れが作用して流路抵抗が大きくなり、一方第2の流体制御手段22には補給通路から圧力室に向うインクの流れが作用して流路抵抗は小さくなる。従ってこの場合には圧力室には主に補給通路からインクが流入し、ノズル部での

って補給通路からインクを吸い込むのであり、電気エネルギー等の外部エネルギーを用いてインク補給を強制的に行うため、高速の滴形成に対応したインク補給が可能である。以上の理由からこの発明によるインクジェット記録装置は従来技術では不可能な極めて高速の滴形成を可能ならしめた。

以上の説明では2つの流体制御手段を用いた例を示した。しかしこの流体制御手段を2つそろえずとも圧力室とノズル間又はインク供給口と圧力室間のいずれか一方に用いた場合でも有効である。例えばインク供給口と圧力室間に用いた場合について説明すると、まず圧力室の内圧を高くしてインクを押し出す場合、インクはノズル部および供給口へと流出するが、このとき供給口側に設けられた流体制御手段はインク圧力の作用によりノズル部のそれよりも大きくなるように設定することが可能であり、その結果圧力室より押し出された流路抵抗が大きくなるように作動する。このとき流路抵抗をインクのほとんどがノズルより噴射される。次に圧力室の内圧が低下し、先の場合とは

メニスカスがノズル内部に引き込まれる程度は小さくなる。

以上の滴形成動作から明らかなようにこの発明によるインクジェット記録装置では、圧力室の変形は、圧力室の容量が減少するときはインク滴噴射のため、圧力室の容量が増加するときは、インク補給のため作用する。よって従来技術のような、インク滴噴射時に補給通路側へのエネルギーの散逸は少くなりエネルギー効率が向上する。さらにインク補給時におけるノズル内へのメニスカスの引き込みが少くなるためメニスカスがノズル端部に戻るに要する時間も短縮される。またピエゾ素子による圧力室の内容積変化もインク滴体積と同程度の小さな値でよいから、滴形成時間を極めて短縮することができる上に、ピエゾ素子に過大な電気エネルギーを入力する必要がないため、ピエゾ素子の特性劣化をまねくことはない。更に、従来技術がインクの補給はノズル部のメニスカスの表面張力に頼っていたのに対し、この発明によるインクジェット装置では圧力室内の体積増加によ

逆に圧力室内へインクを引き込む場合、ノズル部および供給口よりインクが流入するが、このとき供給口側にある流体制御手段は流路抵抗が小さくなるように作動する。この流路抵抗をノズル部のそれより小さくなるように設定することが可能であり、その結果、インクはほとんど供給口より流入するようになる。このように圧力室からインクを押し出すときと引き込むときのノズル部と供給部の流路抵抗の比が異なるようにすることにより先の実施例と同様の効果が得られる。同じような効果は圧力室とノズルとの間に流体制御手段を設けた場合についても得られる。この場合は流体制御手段の流路抵抗は圧力室の内圧が高いときの方が内圧が低いときよりも小さい値をとる。流体制御手段の効果を高めるためには、圧力室の内圧が高いときは流体制御手段の流路抵抗はインク供給通路のそれよりも小さくなり、圧力室の内圧が低いときは流体制御手段の流路抵抗はインク供給通路のそれより大きくなるように設定することが望ましい。

次に、この発明において最も重要な流体制御手段について、いくつかの実施例を示しながら詳細に説明する。

インクジェットヘッドにおけるインクの流れは常にパルス的であり、1回のパルスのな流れで弁を通過するインク流量は高々インク滴の体積程度と極めて小さい値である。一方、弁の作動による噴流効果を高めるためには、弁を通過するインク流量に比べて、弁が移動する空間の体積を十分小さく抑えることが重要である。このような条件を満たす、この発明における流体制御手段の第1の実施例は、第3図(a)(b)に示すように、弾性体から成る板状の弁301がインク流出口302を遮蔽するように配置されている。弁301は固定部303にて弁座304に密着固定されており、またインクの流れがないときは可動部305も弁座306に密着している。今、同図で弁の下方から上方にインクを流すような圧力が弁に作用したとき、第3図(b)に示すように弁301は押し上げられ、弁と弁座の間のすき間308を通過してインク

は流出する。このときの圧力損失は殆んど弁と弁座の間のすき間308において発生するため、弁と弁座の重なり部分309の寸法はできるだけ小さくして、圧力損失を小さくする必要がある。弁材料としては金、ニッケル、ステンレス等の金属薄膜や各種プラスチックフィルムが使用できる。一例として、ポリエチレンテレフタレートフィルムを用いた場合は、次のようにして流体制御手段を構成した。すなわち、弁の可動部305および流出口302の形状寸法をそれぞれ一辺が200 $\mu\text{m}$ および180 $\mu\text{m}$ の正方形とし、弁と弁座との重なり部分309の長さを10 $\mu\text{m}$ にとった。弁は厚さ20 $\mu\text{m}$ のポリエチレンテレフタレートフィルムから打抜き加工で作った。弁は固定部303を固定部材307により弁座304に押し付けて固定した。上記形状寸法の流体制御手段を第2図に示したインクジェットヘッドのノズル14と圧力室13の間、および圧力室13と補給通路15の間に設けた。インクジェットヘッドの形状寸法の一例を示すと次のようであった。圧力室の

壁12は厚さ0.4mmの冷間圧延ステンレス板で構成した。使用したピエゾ振動子は東北金属工業株式製のNEPEO, N-10であり、寸法形状は2 $\text{mm}$ ×2.6 $\text{mm}$ ×0.4 $\text{mm}$ であった。ピエゾ振動子はエポキシ系の無溶剤加熱硬化形の接着剤を用いて壁12に固着した。ノズル14は直径50 $\mu\text{m}$ 長さ100 $\mu\text{m}$ の穴を放電加工法により形成した。余弦波の一波長分の波形を有するパルス電圧をピエゾ振動子に印加し、滴形成を行った結果、パルス巾55 $\mu\text{sec}$ 、ピーク電圧80Vのとき、直径約10.0 $\mu\text{m}$ 、初速度約2.4 $\text{m/sec}$ のインク滴形成が観測された。パルスのくり返し周波数を変化させた結果、滴初速度の変動が10%以内である動作周波数の最大値は1.8kHzであった。また、流体制御手段をノズル側又は供給口側のいずれか一方のみに設けた場合は、前記動作条件の元で動作周波数は約1.2kHzであった。一方、同じ寸法形状のインクジェットヘッドで流体制御手段を設けない場合は、滴速度変動10%以内であるための動作周波数は最大約1.5kHzに過ぎなかった。

また100 $\mu\text{m}$ 直径のインク滴を形成するためには約90Vのピーク電圧が必要であり、そのときの滴初速度は約1.8 $\text{m/sec}$ であった。この結果から、この発明による流体制御手段がインクジェットの高速化に対して極めて大きな効果を有すること、また、滴形成におけるエネルギー効率の向上に効果的であることが明らかである。

第3図の実施例において、弁の寸法形状はできるだけ大きくした方が組立作業等において有利であるが、この場合弁の移動空間の体積が滴体積より小さい範囲に限定されなくてはならない。また、弁の拡大に伴って弁の厚みも増加する必要がある。例えばポリエチレンテレフタレートで作った正方形の弁の一辺が300 $\mu\text{m}$ および400 $\mu\text{m}$ に拡大したときは弁の厚みをそれぞれ35 $\mu$ および75 $\mu$ にする必要があった。弁の寸法を更に大きくした場合、弁の効果は急激に低下することが確認された。

この発明における流体制御手段はインク圧力による弁の変位を利用する点が一つの特徴であるが、



弁の信頼性を高く保持するためには弁の変位はその弾性限界内で行なわれることが必要である。弾性限界を越えて変位した場合は弁は変形して元の閉じた状態に戻らなくなる。第3図に示した実施例のような片持ちの弁では弾性限界を越えないための圧力範囲が狭いため、例えばインクジェットヘッドの初期のインク充填時等に過度のインク圧力が作用して弁を変形させてしまう場合があった。この問題を解決したこの発明における流体制御手段の第2の実施例は第4図(a)に示すように、弾性体から成るドーナツ形の円板弁401が固定部403にて弁座404に密着固定されており、またインクの流れがないときは可動部405も弁座406に密着し、インク流出口402を遮蔽している。このような弁は、例えば、第4図(c)に示したような部品から構成される。すなわち、弁座404および406はその間に環状の流出口402を有して一体に形成されている。中心部に穴を形成した円板弁401を弁座に重ね、更にリング状の固定部材407を弁上に重ねて弁を固定する。

構成された流体制御手段を第2図に示したインクジェットヘッドに適用した結果、第3図に示した流体制御手段と同様の効果が確認された。

また、円板弁401の材料として金箔を用いた場合は、円板弁の中心穴直径や可動部外径をポリエチレンテフタレートフィルムの場合と同じにとると弁の厚みを5 $\mu$ mと薄くする必要があった。このような薄い円板弁を作るために、今日では種々の微細加工技術が知られている。例えばエレクトロフォーミングと呼ばれる加工技術によれば、円板弁の平面形状をした電極に垂直方向に金を所定の厚さになる迄メッキすることにより金箔の円板弁を形成することができる。

弁の厚みは使用する材料の弾性率が大きい程薄くしなければならない。例えば、金箔の円板弁と同じ寸法形状の円板弁をステンレス鋼で作った場合、滴形成のために必要な圧力は金箔の場合の約2倍にすることが必要となる。従って同じ条件で滴形成を行うためにはステンレス弁の厚みを5 $\mu$ mよりも薄くする必要がある。しかし、弁の厚みが

さて、第4図(a)で弁の下方から上方にインクを流すような圧力が弁に作用すると、第3図に示した片持ち弁と同様に、弁401は押し上げられ、第4図(b)に示すように弁と弁座のすき間408を通過してインクは流出する。第4図(b)のような円板弁の中心の穴の回りの変形は、第3図の片持ち弁と同様の半径方向における単純曲げの他に、中心穴の円周方向への伸びも加わっている。従って円板弁は片持ち弁よりも変形しにくく強い圧力の作用に対して耐久性が大巾に向上するのである。

実際にポリエチレンテフタレートフィルムを用いて流体制御手段を構成したときの寸法形状の一例を示すと次のようである。すなわち、厚さ20 $\mu$ mのポリエチレンテフタレートフィルムから打抜き加工によりドーナツ型の円板弁401を形成した。中心の穴の直径は300 $\mu$ m、弁401の可動部405の外径を500 $\mu$ mになるようにとった。可動部405と弁座406との重なり部分409の長さが10 $\mu$ mになるように、弁座406の外径を320 $\mu$ mにとった。このように

薄くなると組立作業中の取扱いが困難となり、また材料によっては薄い箔の入手が困難である等の問題がある。このような問題を解決した、この発明における流体制御手段の第3の実施例は、第5図に示したように、流出口502を遮蔽するように弁座506に密着配置した弁501が細い支持腕510に支えられており、固定部503にて弁座506に固定されている。すなわち、第5図(c)に示した部品配列図の一例からわかるように、この実施例は、中心に流出口502を有する弁座506と、中心に位置し、前記流出口を遮蔽する弁501が、細い支持体510を介して周囲の固定リング503と一体になっている弁部材511と、固定部材507とを順次積層することにより構成することができる。第5図(a)の下方から上方に向うインクの流れに対して、第5図(b)に示したように弁501が押し上げられ、弁と弁座506との隙間508を通過してインクが流出する。この実施例では弁の作動は、支持体510の撓みと伸びとを伴うものであり、第4図の実施例と同様に

第3図の片持ち弁に比べ強い圧力の作用に対して耐久性が大巾に向上するのである。しかも、弁の変位は支持体部の変形によるため、第4図の円板弁に比べ弁の変位量が大きく取れ、弁材料の選択の自由度や設計の自由度が大巾に向上するという利点を有している。実際に、厚さ10 $\mu\text{m}$ のステンレス板を用いた場合の形状寸法の一例を示すと次のようであった。すなわち、第5図(c)に示した弁部材511と同様に円板弁501が4本の支持腕510を持つような形状の場合、円板弁501の外径は200 $\mu\text{m}$ 、支持腕の巾50 $\mu\text{m}$ 、長さ400 $\mu\text{m}$ とし、インク流出口502の直径180 $\mu\text{m}$ として円板弁501と弁座506との重なり部分の長さを10 $\mu\text{m}$ にとった。このように構成された流体制御手段を第2図に示したインクジェットヘッドに適用した結果、第3図および第4図に示した流体制御手段と同様の効果が確認された。この実施例は、容易に入手可能なステンレス板が使える上、外形寸法も大きくとれて組立作業上取扱いが容易であるという利点も有するため実用性の

得るためには、必ずしも静止時に弁と弁座が密着している必要はない。実際に、厚さ20 $\mu\text{m}$ のポリエチレンテレフタレートフィルムにより作った中心の穴径300 $\mu\text{m}$ 、可動部外径500 $\mu\text{m}$ のドーナツ型円板弁を用いた場合、通常の滴形成条件下での弁の撓み量は材料力学的な基礎知識の範囲内で容易に計算され約3 $\mu\text{m}$ と求まる。従って弁と弁座の静止時における間隔が3 $\mu\text{m}$ 程度迄は十分の整流効果が得られる。以上のような、必ずしも静止時に弁と弁座が密着している必要はないということは、前記ドーナツ型円板弁を用いた場合に限らず、第3図および第5図に示した流体制御手段に対しても適用できることはいふ迄もない。

前記実施例において、弁と弁座の静止時における間隔を弁の撓み量以上に増加させてゆくと、逆方向にもインクが流れるようになり、整流効果は徐々に弱まってくる。しかし、弁と弁座の間隔が弁の撓み量に比べてあまり大きくない範囲では、インク流の向きによって流路抵抗を大きく変える

高いものである。

以上述べてきた流体制御手段はいずれも静止時に弁の可動部が弁座に密着するように配置されていたが、このような密着配置は必ずしも必要でない。例えば、流体制御手段の第4の実施例として、先に第4図に示した流体制御手段と同様のドーナツ型円板弁を有する場合の一例は、第6図に示すようなものである。すなわち円板弁601が固定部603にて弁座604に密着固定されており、かつインクの流れがないときは可動部605は弁座606から離れた位置にあり、弁の前後のインクは連通している。しかし、第6図(b)に示すように、弁の上方から下方にインクを流すように圧力が作用すると、弁601は図示の如く撓んで弁座606に接触し、インクの流れを阻止するように作用する。一方、第6図(c)に示すように、弁の下方から上方にインクを流すような圧力の作用のもとでは弁601は上方に撓み、弁と弁座とのすき間608を通してインクは上方に流出する。このように、インクを一方方向に流す整流効果を

ことができるので、流体制御手段として十分機能させることができる。流路抵抗としてはインク流による慣性抵抗と粘性抵抗および流路の断面形状が変化する部分における損失項が考えられるが、弁が一定量撓んだ後の定常流に対しては粘性抵抗が最も大きくなる。この粘性抵抗は弁と弁座の間隔 $d$ に対して $d^{-3}$ に比例することが粘性流体に関する基礎的な特性として知られている。従って、例えば弁の撓み量が3 $\mu\text{m}$ に対して、静止時における弁と弁座の間隔を8 $\mu\text{m}$ にとった場合、流路抵抗はインクの向きによって約10倍変化し、流体制御手段として十分機能し得る。以上のような、逆方向のインク流を完全に遮断することはないがインク流の向きによって流路抵抗が大きく変化する流体制御手段は、先に第3、第4および第5図に示した実施例における弁と弁座との間隔を弁の撓み量以上にとることによって容易に実施される。

前記の、静止時に弁と弁座が離れている構造は実用的な見地から重要な利点を有している。すなわち、静止時にはインクジェットヘッドのノズル

端面にはインクメニスカスが形成されており、ノズル部のインク中の液体成分は絶えず蒸発している。今、圧力室と補給通路間に流体制御手段が設けられており、かつその前後のインク通路が弁により遮断されている場合、ノズル内インクは減少してメニスカスがノズル内部に引込まれる。このメニスカスの引き込みが圧力室に迄達すると圧力室内部に空気が取り込まれ、もはや安定な滴形成を行うことができなくなる。しかし、流体制御手段の前後のインク通路が静止時においても連通していれば、ノズル部インクが液体成分の蒸発により減少した分だけ補給通路側からインクが供給されるため、インクメニスカスは絶えずノズル端面に留まっている。

インク流の向きによって流路抵抗が変化するような流体制御手段として、これ迄述べてきた実施例とは少し異なった弁構造を有するものを次に示す。すなわち、第7図(a)は流体制御手段の他の実施例を示したもので同図(b)にはその断面図を示した。ここでこの流体制御手段は、インクの流路

る。そのため流路36より流路40へとインクが流れるときこの流路の総合的流路抵抗は小さくなる。逆に流路40の圧力が高く逆に流れるときには先に述べた各部の圧力の関係は $P_1 < P_2 < P_3 < P_4$ となる。そのため膜33は先程と逆に上側に湾曲し、すき間38のギャップ幅が狭くなり流路抵抗が大きくなる。そのため流路の総合的流路抵抗が大きくなる。このようにこの実施例によればインクの流れの方向により流路抵抗が変わる流路が得られ、これを先に示した流体制御手段として用いることにより高速のインクジェットヘッドが得られる。この構造で流れの方向による抵抗の変化を大きくして本発明による効果を大きくするには、すき間38のギャップ幅 $d_1$ と膜33の変形の幅 $d_2$ の比 $K = d_2/d_1$ が1に近いことが望ましい。同一圧力のもとで流れの方向による流量の比の大きさは $(\frac{1+K}{1-K})^3$ となる。1例を示すと、膜材として厚さ $10\mu\text{m}$ のポリエチレンテフタレートで膜の直径を $4.00\mu\text{m}$ すき間38のギャップ幅を $10\mu\text{m}$ とすると膜の変形の

を形成する壁材35と孔のあいた板材31とスペーサ32とインクの圧力により変形可能な膜33とこの膜が固着される枠がありその外側はつきめけとなっている枠材34とからなる。ここで板材31の穴径は膜の径より小さくするようにする。また膜33としては金やステンレス等の金属の薄板やプラスチックの膜等が使用できる。ここでインクは流路36より孔37、板材31と膜33のすき間38枠材34のつきめけ部39を通り流路40へと流れる。また流路40から流路36へ流れるときはこの逆の順で通る。ここで動作の説明を行なう。まず流路36側の圧力が流路40側より高くなるとインクは流路36より流路40へと移動を始める。このとき流路36、孔37に面した膜33の表面、つきめけ部39および流路40の各圧力を $P_1, P_2, P_3, P_4$ とすると圧力の関係は $P_1 > P_2 > P_3 > P_4$ となる。そのため膜33の両面には $P_2 - P_4$ の圧力差が生じ第3図(b)で下側に湾曲する。このためすき間38のギャップ幅が広くなりこの部分の流路抵抗は小さく

圧力差を0.5気圧とすると $K = 0.5$ が得られ先の流量の比は約6.0となる。

第8図は本発明による流体制御手段の第2の実施例を示した断面図である。本実施例は第1図に示した従来構造のインクジェットヘッドのインク供給口と圧力室の間に流体制御手段を配置してある。この流体制御手段としてインク供給口41より圧力室103の間に一定のギャップ幅を持つ流路42をもうけ、この流路の一方の壁に圧力室に通じる穴をあけ流路42の部分に膜43を固着させてある。膜としては先に示したように金属やプラスチック等の薄板を持てることができる。動作はまずピエゾ素子101に電圧が印加され圧力室103の壁102が内側に湾曲すると圧力室の内圧が高くなる。すると膜43は外側に湾曲し、流路42のギャップ幅を狭くする。そのため流路42の流路抵抗が大きくなり圧力室より押し出されたインクはほとんどノズル104より噴射される。次に電圧が元の値になると内側に湾曲した壁102は元の位置にもどるよう力に作用する

ため圧力室の圧力が外部の圧力より低くなる。そのため膜43は先程とは逆に圧力室側に湾曲し、流通路42の流路抵抗が小さくなる。そのため圧力室に流入するインクの大部分は流通路42を通して供給される。よってノズル部では噴射したインクの量より引き込まれる量が少なく、引き込まれたメニスカスがノズル端に復帰する時間は短縮され、インク滴形成周期を短くすることが可能となる。

以上述べたような、インク流の向きによって流路抵抗が変化するような流体制御手段の各実施例においては、流路抵抗の変化は、インク流の向きによらない一定の値と弁の作用によって変化する値との和となっている。従って、先に第3図、第4図および第5図に示した完全に整流作用を示すような流体制御手段に対して一定の流路抵抗を有する補助インク通路を併設することによっても、インク流の向きによって流路抵抗を変化させられる。一例として、第9図に流体制御手段の他の実施例として、先に第3図、第4図および第5図に

示した3種類の流体制御手段における弁座に、常に貫通している補助インク通路を設けたものを示した。同図はインク圧力の作用で弁が開きインクが(下方から上方へ)流れている場合を示してあるが、このような流体制御手段がインクジェットヘッドにおいて十分機能するためには弁901と弁座906とのすき間908を通過するインクに対する流路抵抗が補助インク通路912の流路抵抗よりも十分小さな値となることが必要である。

補助インク通路を有する流体制御手段の他の実施例として、第10図に、第3図、第4図あるいは第5図に示したような弁と弁座で遮蔽されたインク通路を、前記弁および弁座を迂回するように設けられた補助通路で連通したものを示した。この場合も、弁901と弁座906とのすき間908を通過するインクに対する通路抵抗が補助インク通路912の流路抵抗よりも十分に小さいことが必要である。

#### 図面の簡単な説明

第1図は従来技術によるインクジェットヘッドを説明する概略図であり、101…電気機械変換手段、102…壁、103…圧力室、104…ノズル、105…供給口、106、107…電極、108…電源を示す。

第2図はこの発明によるインクジェットヘッドを説明する概略図であり、11…ピエゾ素子、12…膜、13…圧力室、14…ノズル、15…補給通路、16、17…電極、18…電源、21、22…流体制御手段を示す。

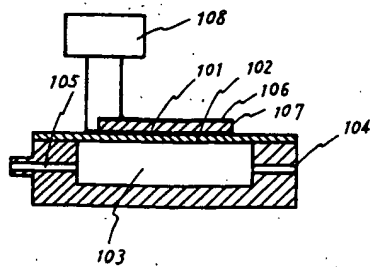
第3図、第4図、第5図、第6図、第7図、第8図、第9図および第10図はいずれもこの発明によるインクジェットヘッドに用いられる流体制御手段の各実施例を示す概略図であり、301、401、501、601、901…弁、302、402、502、602…インク流出口、303、403、503、603…弁固定部、304、404、604…弁座、305、405、605…弁可動部、306、406、506、606、

906…弁座、307、407、607…固定部材、308、408、508、608、908…弁と弁座の隙間、309、409…弁と弁座の重なり部分、510…支持体、511…弁部材、912…補助通路、31…板材、32…スペーサ、33…膜、34…枠材、35…壁材、36…流路、37…孔、38…すき間、39…つぎぬけ部、40…流路、41…インク供給口、42…流通路、43…膜、を表わす。

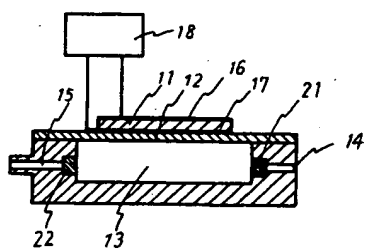
代理人 弁理士 内原 晋



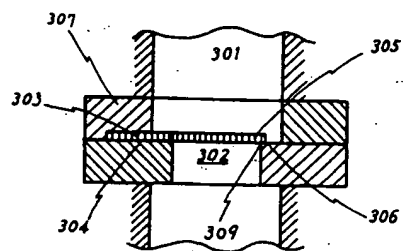
才 1 図



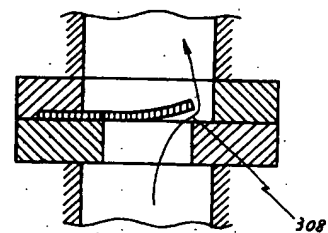
才 2 図



才 3 図

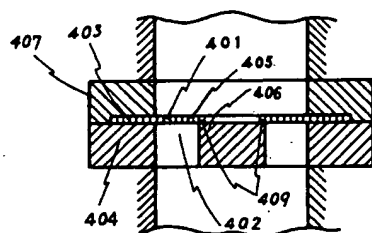


(a)

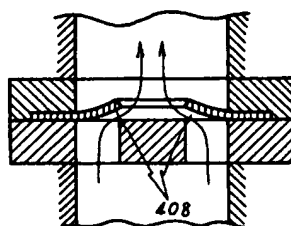


(b)

才 4 図

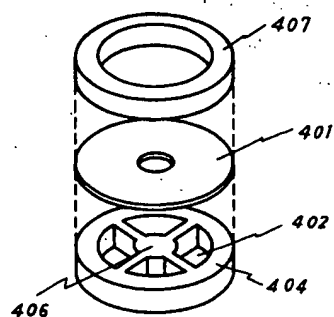


(a)



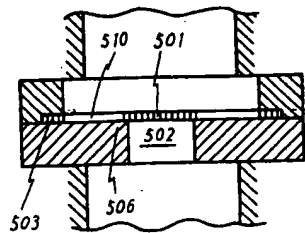
(b)

才 4 図

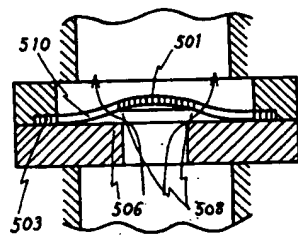


(c)

才 5 図

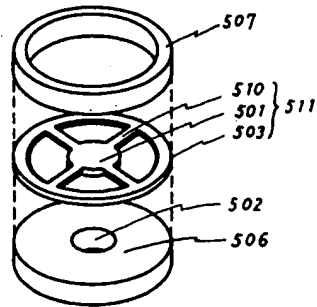


(a)



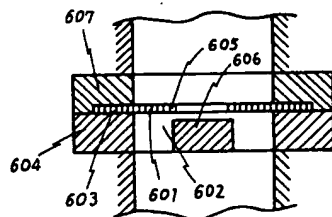
(b)

才 5 図

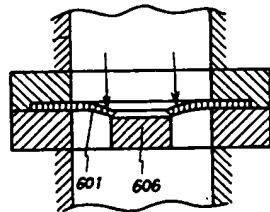


(c)

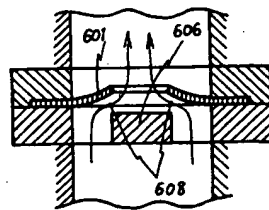
才 6 図



(a)

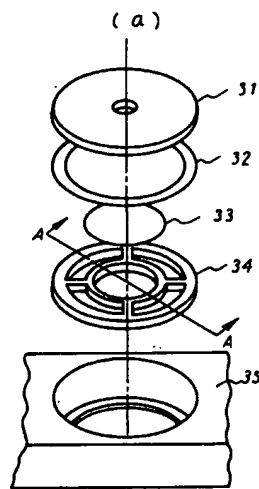


(b)

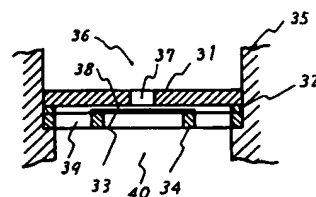


(c)

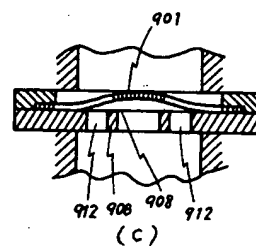
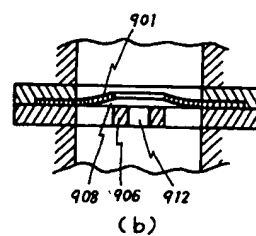
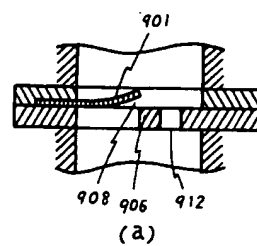
才 7 図



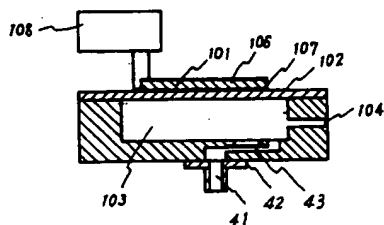
(b)



才 9 図



才 8 図



才 10 図

